



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99125523.2

[43] 授权公告日 2003 年 6 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1112012C

[22] 申请日 1999.12.2 [21] 申请号 99125523.2

[30] 优先权

[32] 1998.12.4 [33] FR [31] 9815362

[71] 专利权人 汤姆森多媒体公司

地址 法国布洛里

[72] 发明人 谢拉夫·阿纳 帕特里克·洛佩斯

西尔万·谢弗罗

审查员 贾丹明

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

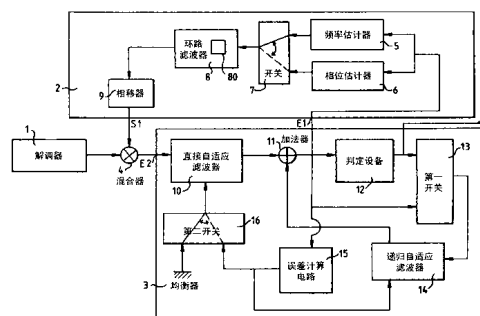
代理人 刘晓峰

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称 一种信号载波恢复方法

[57] 摘要

本发明涉及用于接收信号的载波恢复过程，其包含估计此信号的载波频率的步骤和紧随频率估计步骤的估计与此信号的相关的相位的步骤。在频率估计步骤期间，执行信号均衡步骤，其中包含一个直接自适应滤波器(10)和一个递归自适应滤波器(14)的均衡器(3)只调试递归自适应滤波器(14)的系数，在相位估计步骤期间，均衡器(3)在预定的时间连续调试递归自适应滤波器(14)的系数。



1. 一种用于接收信号的载波恢复方法，其包含如下的步骤，即估计此信号的载波频率的步骤和紧随频率估计步骤的对与此信号相关的相位进行估计的步骤，其特征在于进行下面的步骤：

-在频率估计步骤期间，进行信号均衡步骤，其中包含一个直接自适应滤波器（10）和一个递归自适应滤波器（14）的均衡器（3）只调试递归自适应滤波器（14）的系数，

-在相位估计步骤期间，均衡器（3）在预定的时间只连续调试递归自适应滤波器（14）的系数。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于在通过均衡器（3）对递归自适应滤波器（14）的系数进行均衡后，进行信号均衡步骤，在此期间，所述均衡器（3）同时调试直接自适应滤波器（10）和递归自适应滤波器（14）的系数。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于当通过频率估计器（5）所接收的点对应代表所使用的调制图的集合的预定理想点时，启动频率估计步骤，在实践中通过差分编码可容易的进行 90 度相位多义性的判定，并当所接收到的点与构象的预定的理想的点近似时，这些所接收到的点被置于采集区，这些点的特点是其与原点具有较大的距离，并被将构象的原点与区所围绕的所述点相连的对角线相切。

4. 根据权利要求 1 到 2 中的任何一个权利要求所述的方法，其特征在于通过测量对应于表示在所述构象中接收到的点和所述对角线之间的距离的角距离的相差而进行频率估计。

5. 根据权利要求 1 到 2 中的任何一个权利要求所述的方法，其特征在于在频率估计步骤期间，在测量所接收到的 N 个采集点和所述的与其对应的理想点之间的相差之后进行对累加器（80）的更新，该累加器用于将载波频率误差传送到解调器（1），且其中 N 为整数。

6. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于根据所公知的常数模数（Constant Modulus）或 CMA 型的盲或自动恢复算法，进行在频率估计

步骤期间的均衡步骤和/或在相位估计步骤期间的信号均衡步骤，以减少系统的采集时间，与相位无关的盲算法在即使当载波不同步时也可使均衡器保持稳定。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于在频率估计步骤期间，通过增加测量的次数 N 可加速算法的收敛。

8. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于直到在估计与所接收到的 M 点相关的相位误差后才开始进行在相位估计步骤期间所进行的所述均衡步骤，其中 M 为预定的整数。

9. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于当达到用于相位估计的算法的收敛值时，通过根据所公知的判定反馈算法计算的测量误差对直接自适应滤波器（10）和递归自适应滤波器（14）进行调试。

一种信号载波恢复方法

技术领域

本发明涉及一种信号载波恢复过程。

本发明更具体的应用在受大幅度的回声干扰的媒体中传送载波被恢复的信号的情况。

本发明同样可更好的应用在使用大量的状态形成构象的载波上数字正交传输的上下文中。

背景技术

通常的，为了通过传输信道传输数字数据的目的，使用例如脉冲幅度型的调制（“脉冲调幅”或“PAM”）对这些数据进行调制。正交调幅或QAM 被用于增加可在可用信道的带宽内进行传输的数据的总和。QAM 调制为一种形式的 PAM 调制，其中多个信息位以后面所指的构象的结构一起被传送。

考虑到与所接收的信号的不同步，数字接收机必须设置有助于在接收信号的相位中产生基准信号的设备。在已经同步后，解调器允许对在它们的相位中包含有信息的信号进行解调。例如，在 QAM 调制中，“0”和“1”位的调制对应于在调制信号中根据所公知的原则所确定的相位。因此，解调器必须产生在相位上与数据载波同步的基准信号。此过程被称为载波相位恢复。

在 PAM 调制中，每个信号的相位的幅度值都由所传送的符号决定。在 QAM 调制中，例如，在 16-QAM 调制中，使用了在每个正交信道中的-3，-1，1 和 3 的符号的幅度。所产生的情况是，通过信道传送的每个符号的影响超出了被用于表示此信号的时间间隔。由所接收的信号的不同步所导致的失真被称为符号间干扰（或 ISI）。此失真已经成为在有限的带宽噪声信道上传输高位率数据的主要障碍。所公知的作为“均衡器”的设备被用

于弥补此符号间干扰问题。

基于减少由传输信道所产生的符号间干扰的目的，需要精确的均衡。由于预先无法知道信道的特性，因此使用统计均衡器对信道所需的幅度和延迟特性的域进行平均补偿。平均平方误差随机梯度算法，通常称做 LMA 算法（表示最小均方根），其通常被用做自适应均衡算法（adaptive equalization algorithm）。

因此，在数字传输系统中的接收机的一个主要的功能是获得在传输结束时在相位和频率上同步的载波。在解调电平中的不良的相或不良的频率会降低有用信号的功率并在解调 QAM 信号的正交成分 I 和 Q 之间产生干扰，由此说明了所恢复相位的重要性。

从上面可看出，另外一个重要的功能是可消除所接收信号的失真。另外，由于通常无法知道信道的响应，因此，易随时间变化，从而其均衡需要一个自适应均衡器，能够使其自适应于信道并跟踪其自身的瞬态变化。

在传统的接收机中，自适应均衡器和载波恢复装置包含一个频率估计器和一个相位估计器，其作为特定准则的函数被进行切换，并在接收链路中彼此跟随设置。由于这个原因，在存在大幅度的回声或太大的相移的情况下无法产生载波恢复。

发明内容

本发明的目的是恢复载波频率中的相当大的偏离，并同时大幅度的回声进行恢复。

为此，本发明的目的是提供一种用于接收信号的载波恢复过程，其包含如下的步骤，即估计此信号的载波频率的步骤和紧随频率估计步骤的对与此信号相关的相位进行估计的步骤，其特征在于进行下面的步骤：

- 在频率估计步骤期间，进行信号均衡步骤，其中包含一个直接自适应滤波器和一个递归自适应滤波器的均衡器只调试递归自适应滤波器的系数。

- 在相位估计步骤期间，均衡器在预定的时间连续调试递归自适应滤波器的系数。

因此，本发明使得在存在大幅度回声和大的相移的情况下可实现载波的恢复。首先，在进行均衡之前对递归滤波器的系数的调试可使其校正长的回声，本发明可用于补偿针对高次构象的较强的回声，诸如进行 256-状态正交调幅的构象。

附图说明

图 1 为根据本发明的表示用于接收信号的装置的示意图。

具体实施方式

根据一个实施例，在通过均衡器对递归自适应滤波器的系数进行均衡后，进行信号均衡步骤，在此期间，所述均衡器同时调试直接自适应滤波器和递归自适应滤波器的系数。

根据本发明的一个实施例，当通过频率估计器所接收的点代表所使用的调制图的构象图上时，启动频率估计步骤，在实践中通过差分编码可容易的进行 90 度相位多义性的判定，并当所接收到的点与构象的预定的理想的点近似时，这些所接收到的点被置于采集区，这些点的特点是其与原点具有较大的距离，并被将构象的原点与区所围绕的所述点相连的对角线相切。

根据本发明的一个实施例，通过测量对应于表示在所述构象中接收到的点和所述对角线之间的距离的角距离的相差而进行频率估计。

根据本发明的一个实施例，在频率估计步骤期间，在测量所接收到的 N (N 为整数) 个采集点和所述的与其对应的理想点之间的相差之后进行对累加器的修正，该累加器用于将载波频率误差传送到解调器。

根据本发明的一个实施例，根据所公知的常数模数恒模 (Constant Modulus) 或 CMA 型的盲或自动恢复算法，进行在频率估计步骤期间的均衡步骤和/或在相位估计步骤期间的信号均衡步骤，以减少系统的采集时间。与相位无关的盲算法在即使当载波不同步 (out of lock) 时也可使均衡器保持稳定。

根据本发明的一个实施例，在频率估计步骤期间，通过增加测量的次数 N 可增加算法的收敛性。

根据本发明的一个实施例，直到在估计与所接收到的 M 点相关的相位误差后才开始进行在相位估计步骤期间所进行的所述均衡步骤，其中 M 为预定的整数。

根据本发明的一个实施例，当达到用于相位估计的算法的收敛值时，通过根据所公知的判定反馈算法计算的测量误差对直接自适应滤波器和递归自适应滤波器进行调试。

通过参考用于描述根据本发明的表示用于接收信号的装置的示意图，借助非限制性的实例的方式对下面的实施例的描述，会对本发明的其他的特性和优点有更清楚的了解。

根据本发明的装置包含一个解调器 1，一个载波恢复环路 2，一个均衡器 3 和混合器 4。

载波恢复环路 2 包含一个频率估计器 5，一个相位估计器 6，一个开关 7，一个环路滤波器 8 和一个相移器 9。

均衡器 3 包含一个直接自适应滤波器 10，一个加法器 11，一个判定设备 12，第一开关 13，一个递归自适应滤波器 14，一个误差计算电路 15 和第二开关 16。

载波恢复环路的输入 $E1$ 与频率估计器 5 和相位估计器 6 的各个输入相连。频率估计器 5 和相位估计器 6 的输出构成开关 7 的两个输入，其中开关 7 的输出与环路滤波器 8 的输入相连。环路滤波器 8 的输出与相移器 9 的输入相连，相移器 9 的输出构成载波恢复环路 2 的输出 $S1$ 。

均衡器 3 的输入 $E2$ 与直接自适应滤波器 10 的输入相连，而直接自适应滤波器 10 的输出与加法器 11 的第一端相连。加法器 11 的输出与判定设备 12 的输入相连，其中的一个输出与开关 13 的第一输入相连。开关 13 的第二输入与加法器 11 的输出相连。开关 13 的输出与递归自适应滤波器 14 的输入相连，其中递归自适应滤波器的输出与加法器 11 的第二输入相连。加法器 11 的输出与开关 13 的第二输入及误差计算电路 15 的输入相连。误差计算电路的输出与第二开关 16 的第一输入和递归自适应滤波器 14 的控制输入相连。

判定设备 12 的第二输出构成均衡器 3 的输出并与例如解码器（未表示出）相连。

第二开关 16 的输出与直接自适应滤波器 10 的控制输入相连。

第二开关 16 的第二输入例如与地相连，并且当第二开关 16 切换到其第二输入时，直接自适应滤波器 10 的控制被禁止。

提供到均衡器 3 的输入 E2 的信号是从解调器 1 发送出的信号被相移 $\Delta\phi$ 的量后获得的， $\Delta\phi$ 为相移器 9 能提供的可变相移量。

根据本发明，载波恢复装置使用几个连续的模式。

在下面的情况下，将涉及均衡的技术，特别是通过调试直接或递归滤波器的系数的技术。这些技术是公知的并在 Simon Haykin 所著的“通讯系统”中的第 7, 9 章（自适应均衡）第 452 到 461 页中进行了详细的描述。

根据第一种模式，开关 7 的输出与频率估计器 5 的输出相连，且第二开关 16 的输出与其连接到地的第二输入相连。根据此第一种模式，其过程如下，载波恢复环路 2 使用频率估计器 5，而均衡器 3 只调试递归自适应滤波器 14 的系数。现在，均衡的真正的问题在于自适应算法的初始收敛，其通常是通过在叫做符号周期（symbol period）的期间中测量的，在此符号周期中误差的变化以最小的数值（理想为 0）到达稳定。例如，在点/多点网络中（其中有一中心发射器向多个接收器进行发射），在每次接收器与网络相连时，为了发送一个已知序列，终止传输数据是不实际的。然后均衡器的收敛必须处于盲模式，即不了解所发送的数据。这就是在当前的情况下，最好在盲模式下进行对递归自适应滤波器的系数的调试的原因。根据本发明，所使用的技术是公知的 CMA 型，在专利 US5835731 中对其进行了描述。进入到均衡器的收敛值然后收敛的到预先建立的数值。在使用产生复数信号的调制图的数字传输的情况下，后者被作为复数平面中的矢量，实轴指同步信道（或“I”信道），而虚轴是指正交信道（或“Q”信道）。相应的，当这些信号出现失真时，在 I 和 Q 之间会产生干扰，需要复数自适应均衡器。下面的问题是使复数信号 $I_s + jQ_s$ 的功率向构象的预先建立的特征值进行收敛， (I_s, Q_s) 表示在复数平面中信号的坐标，而构象表示点 (I_s, Q_s) 的集合。构象的每个象限都拥有一个远离复数平面的原点的“角”。将此原点与角相连的部分构成对角线，该对角线将接着被用于计算相位误差。

在此模式中，进行构象的旋转。

只要估计器输入信号“接近于构象的象限的角”和只要构象被认为是直角，就将频率估计器设定到工作状态。应明确“接近于构象的象限的角”表示所接收的点具有足够的功率（构象的点的功率与此点和复数平面的原点之间的距离成比例）且其位于对角线附近。类似的，“被认为是直角”表示位于均衡器的输出的点与构象的图形或理想点相重合。通过频率估计器 5 测量所接收的信号和构象的理想角之间的相位误差，并将其传送到环路滤波器 8。计算 N 个连续抽样的每个分量 I 和 Q 的相对于角的相位误差， N 为整数，例如等于 10。

通过修改 N 值而增加算法的收敛性。特别是，当所完成的收敛向理想频率收敛时，构象的旋度降低。然后频率估计器的启动频度减少，这是因为信号为了进行所剩的 90 度的旋转而需要较多的时间。然后可以增大相位误差采集窗口，即增加参数 N 。

正如前面所描述的，根据此第一种模式，均衡器只调试递归自适应滤波器的系数。

在第二种工作模式中，在环路滤波器 8 的累加器 80 稳定后，相位估计器 6 替代频率估计器 5，然后相位滤波器的输出与开关 7 的输出相连。根据工作的此第二种模式，均衡器 3 仍然只调试递归自适应滤波器 14 的系数。只估计构象的角上的相。对构象的 N 个点的相进行估计，其中 N 为整数，例如 20。

通过此第二种工作模式，可在从频率估计器切换到相位估计器时降低陡变的情况，并避免出现任何的失败的锁存现象。特别是，可能发生这样的情况，即所接收的点很少位于采集区内，在此情况下频率估计器无法被经常修改。在此情况下，此估计器的非常相对的稳定性会使操作者认为已经获得了收敛值并产生错误的锁存。

最好的，在第二种模式的结束时，即在处理完所述的 N 个点后，通过持久的启动从相位估计器发送的信号，而对载波的相位进行精确的跟踪。

根据相位估计的结果，载波恢复过程使得从第二种模式到第一种模式进行一次或多次的循环。

第三种工作模式紧跟着第二种工作模式。此第三种工作模式与第二种工作模式的区别在于处于盲模式的信号均衡相同时调试直接自适应滤波器和递归自适应滤波器的系数。第三种工作模式的优点在于在均衡器 3 的输入可稳定构象的旋度。由于在均衡器的输出处的回声，此第三种工作模式同样可集中到该任务上。第三种工作模式的工作对象是构象的所有点，即 256 个点。

当任务量大大降低时，在第三种工作模式后进行第四种工作模式。此第四种工作模式不再使用处于盲模式的均衡器的操作，而是处于判定反馈模式。离开开关 13 的信号为从判定设备 12 发送的信号，而不是从加法器 11 发送的信号。

通过判定设备 12 可限定构象的网格。由分量 I 和 Q 所限定的复数平面被分解为 P 个邻接的区域，每个区域被以离散 ΔI 和离散 ΔQ 限定在构象 I_i, Q_i ($i=1, 2, \dots, P$) 的理想点的周围。因此通过幅度在 $I_i - \Delta I/2$ 和 $I_i + \Delta I/2$ 之间变化的分量 I 和幅度在 $Q_i - \Delta Q/2$ 和 $Q_i + \Delta Q/2$ 之间变化的分量 Q 限定区域 Z_i ($i=1, 2, \dots, P$)。根据第四种工作模式，当正交信号 I 和 Q 的值进入区域 Z_i 时，判定设备将各个理想值 I_i 和 Q_i 分配给这些信号。通过判定反馈模式可彻底的消除相位调制

